

**ФУНДАМЕНТАЛНИ АСПЕКТИ И
ПРВИЧНИ РЕЗУЛТАТИ ОД
КЛИНИЧКА ПРИМЕНА НА
КОМБИНИРАНА ЕЛЕКТРО И
АКУСТИЧНА СТИМУЛАЦИЈА НА
АУДИТИВЕН СИСТЕМ**

*Јан КИЕФЕР*¹
*Јохан ТИЛАЈН*²
*Кристиоф фон ИЛБЕРГ*¹
*Томас ФЕНИГДОРФ*¹
*Екхард СТИРЦЕБЕХЕР*¹
*Рајнер КЛИНКЕ*²
*Волфганг ГШТЕТНЕР*¹

Клиника за ХНО-Хаилкунде, хирургија
за глава и врат¹

Клиника при универзитетот Јохан
Волфганг Гете²

Вовед

Електростимулацијата на аудитивниот нерв преку кохлеарни-импланти го направи можен лекувањето на сензорната глувост. Напреднатата сигнална обработка и парадигмите за стимулација водат кон постојано подобрени резултати во разбирање на говорот. Од тука критериумите на индикација се прошириле врз пациенти со длабоко и тешко до длабоко губење на слухот и ограничено разбирање на говорот со конвенционала акустичка амплификација. (1)

Адреса за кореспонденција:

Јан КИЕФЕР
Клиника за ХНО-Хаилкунде, Оддел за глава и
врат, Клиника при универзитетот Јохан
Волфганг Гете,
Теодор Штерн Каи 7, Д-60590
Франкфурт на Мајна, Германија;
J.Kiefer@em.uni-frankfurt.de

**FUNDAMENTAL ASPECTS AND
FIRST RESULTS OF THE CLINICAL
APPLICATION OF COMBINED
ELECTRIC AND ACOUSTIC
STIMULATION OF THE AUDITORY
SYSTEM**

*Jan KIEFER*¹
*Jochen TILLEIN*²
*Christoph von ILBERG*¹
*Thomas PFENNIGDORFF*¹
*Ekkehard STÜURZEBECHER*¹
*Rainer KLINKE*²
*Wolfgang GSTÖTTNER*¹

Clinic for Otorhinolaryngology, Head and
Neck Surgery¹

Department of Sensory Physiology, Johann
Wolfgang Goethe-University²

Introduction

Electric stimulation of the auditory nerve via cochlear implants has made the treatment of sensory deafness possible. Advanced signal processing and stimulation paradigms have led to continuously improved results in speech understanding. Consequently, indication criteria have been extended to patients with profound and severe-to-profound hearing loss and limited speech understanding with conventional acoustic amplification. (1)

Corresponding Address:

Jan KIEFER
Clinic for Otorhinolaryngology, Head and Neck
Surgery, Department of Sensory Physiology, Johann
Wolfgang Goethe-University
Theodor Stern Kai 7, D-60590
Frankfurt am Main, Germany
J.Kiefer@em.uni-frankfurt.de

Надвор од оваа група, значителен број пациенти презентираат мошне добро зачуван слух со ниска фреквенција од 30–60 dB до 1 kHz, но тешка загуба во средниот до високо фреквентен опсег на повеќе од 60-70 dB. Резултатите на едносложниот збор кај овие пациенти обично не надминуваат 35%. Тоа се должи на губење на консонантската информација. Дури и зголемувањето на слушноста на овие високи фреквенции со **акустична амплификација**, сепак, има многу ограничена ефикасност за говорот што прави разлика (2). **Затоа, овие пациенти добиваат само минорна полза од конвенционалните помагала за слушање.** Од друга страна, стандардната кохлеарна-имплантација би носела висок ризик на предизвикување целосна загуба на слухот. **Оваа ситуација води кон размислата за комбинација на двата модалитета на стимулација кај овие пациенти што се на границата меѓу слушни помагала и кохлеарен-имплант.**

Во нашиот сегашен модел, регионот за опстанок на ниската фреквенција на кохлеата уште може да се поттикнува акустички-комбиниран со дополнителна електрична стимулација на оштетените региони со средна и висока фреквенција на кохлеа. Неколку прашања уште треба да се одговорат во врска со комбинираната електрична и акустична стимулација (EAS). Главното прашање е можната интеракција на електро и акустичните стимули на различни нивоа од аудитивниот систем. Експериментите со животни јасно демонстрираат дека штимувачките особини на аудитивните неврони, како одговор на акутната **акустичка стимулација**, се битно зачувани при електрична стимулација дури и при високи

Outside this group, a considerable number of patients presents with rather well-preserved, low frequency hearing of 30-60 dB up to 1 kHz, but severe loss in the mid to high frequency range of more than 60-70 dB. Monosyllabic word scores in these patients do not generally exceed 35%, due to missing consonant information. But, even increasing the audibility of these high frequencies by **acoustic amplification** still has very limited efficiency for discriminating speech (2), and **therefore, these patients obtain only minor benefit from conventional hearing aids.** On the other hand, standard cochlear implantation would carry a high risk of causing complete hearing loss. **This situation has led to considering a combination of both modes of stimulation for these patients who are on the borderline between hearing aids and cochlear implant.**

In our present model, the surviving low frequency region of the cochlea could still be stimulated acoustically-combined with additional electrical stimulation of the impaired mid and high frequency region of the cochlea.

Several questions still have to be answered with regard to combined electric and acoustic stimulation (EAS). The possible interaction of electric and acoustic stimuli on the different levels of the auditory system is a major issue. Animal experiments clearly demonstrate that tuning properties of auditory neurons, in response to acute **acoustic stimulation**, are essentially preserved in the presence of electric stimulation even at high levels of **electric stimulation** (3),

степени **електростимулација (3), а хроничната електростимулација на интактното внатрешно уво** нема значителен ефект кај сложените акциски потенцијали (САП), функцијата на праговите или внатрешното уво. (3)

Во еден претходен извештај бевме во можност да покажеме дека овој комбиниран ЕАС на аудиторниот систем е можна кај луѓето и дека има синергистички ефект врз разбирањето на говорот. (4) Понатамошни битни прашања гледаат на хируршката изводливост и репродуктивност на кохлеарната-имплантација можност за зачувување на постојниот слух.

Охрабрани од нашите откритија, беше иницирана клиничка студија за примена на ЕАС. Досега седуммина возрасни се вклучени во оваа студија. Надвор од оваа студија, на едно дете му е извршена дополнителна имплантација.

Објекти за истражување и методи

Објектите за истражувањето беа вклучени врз основа на нивните чисто тонски аудиограми и на говорно-аудиометрички резултати. **Инклузивните критериуми беа праг меѓу 30 и 60 dB на фреквентски опсег од 250 Hz до 1 kHz и >60 dB над 1 kHz во увото каде што се имплантира.** Течењето на времето на губење на слухот требаше да биде стабилно или само многу забавено прогресивно, без знаци на **ретрокохлеарна патологија.** Резултатите на едносложниот збор во услови со најдобри помагала, обично со две помагала за слушање, не можеа да надминат 40%. Објектите на истражување требаше да бидат возрасни луѓе што сакаа да соработуваат во студијата и согласност беше добиена од сите пациенти.

and that chronic electric stimulation of tie intact inner ear does not have a significant effect on the compound action potentials (CAP) thresholds or inner ear function. (3)

In a previous report, we were able to show that this combined F.A.S of the auditory system is possible in humans, and that it has a synergistic effect on speech understanding. (4) Further major issues regard the surgical feasibility and reproducibility of cochlear implantation with the preservation of residual hearing.

Encouraged by our findings, a clinical study was initiated on the application of EAS. So far, seven adults have been included in this study. In addition, one child has been implanted outside the study.

Subjects and methods

Subjects were included based on their pure-tone audiograms and speech audiometric results. **Inclusion criteria were a threshold between 30 and 60 dB in the frequency range of 250 Hz to 1 kHz and >60 dB above 1 kHz in the ear to be implanted.** The time course of hearing loss had to be stable or only very slowly progressive, without signs of **retro cochlear pathology.** Monosyllabic word scores in the best-aided condition, generally with two hearing aids, could not exceed 40%. Subjects had to be adults who were willing to cooperate in the study, and informed consent was obtained from all patients.

Табела 1. Демографски карактеристики на пациентиите

ПАЦИЕНТ PATIENT	СТАРОСТ ПРИ ИМПЛАНТАЦИЈА (ГОДИНИ) AGE AT IMPLANTATION (YEARS)	ВРЕМЕТРАЕЊЕ НА ГУБЕЊЕ НА СЛУХОТ (ГОДИНИ) DURATION OF HEARING LOSS (YEARS)	ТИП НА ИМПЛАНТ TYPE OF IMPLANT	ДЛАБОЧИНА НА ИНСЕРТАЦИЈА (мм) INSERTATION DEPT (mm)	ЕТИОЛОГИЈА ETIOLOGY
КХ (KH)	50	30	Ц40+ (C40+)	30	идиопатска idiopathic
СС (SS)	40	15	Ц40+ (C40+)	15	аминогликозиди aminoglycosides
МБ (MB)	46	10	Ц40+ (C40+)	15	идиопатска idiopathic
БД (BD)	64	10	Ц40+(20 мм) C40+(20 mm)	5	идиопатска idiopathic
ОМ (OM)	57	15	Ц40+ (C40+)	22	идиопатска idiopathic
ПИ (PI)	42	20	Ц40+(20 мм) C40+20 mm	20	идиопатска idiopathic
ДИ (DI)	46	12	Ц40+ (C40+)	20	идиопатска idiopathic
КН (KN)	5	5	Ц40+ (C40+)	5	конгенитална идиопатска congenital idiopathic

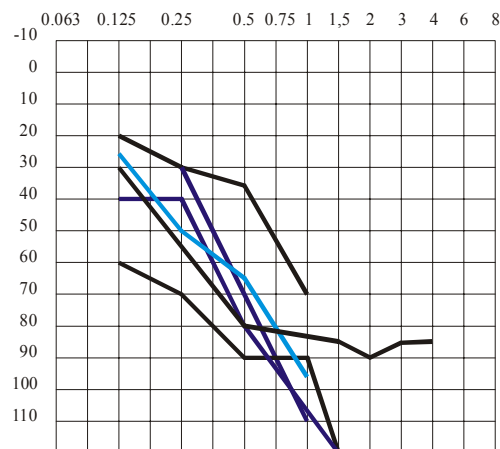
Table 1. The demographic characteristics of the patients

Табелата 1 ги покажува демографските карактеристики на пациентите. Слика 1 ги сумира предоперативните аудиограми на сите пациенти.

Table 1 shows the demographic characteristics of the patients. Figure 1. summarizes the preoperative audiograms of all patients.

Фреквенција (kHz)

Frequency (KHz)



Слика 1. Предоперативни чисто тонски аудиограми кај сите пациенти (да се имплантира уво).

Figure 1. Preoperative pure-tone audiograms of all patients (ear to be implanted)

Стандарден период кон кохлеата преку постериорна тимпанотомија беше изведен и кохлеата беше внимателно отворена со бавно вртчка дијамантска дупчалка, 1 мм понапред од тркалезниот прозорец. Ендостот беше идентификуван и засечен. Ишмукувањето на перилимфата беше одбегнато и капка на Crystalloid prednisolon (Волон А*) беше воведен во текот на кохлеостомијата, а потоа прекриен со раствор од хијалуронска киселина (Хеалон*).

Беше инсерирана електрода, чија длабочина беше намерно лимитирана според граничната фреквенција на постојниот слух, во врска со фреквентната мапа на базиларната-мембрана за да ги заштити структурите во горните свиоци на кохлеата. Длабочината на инсертирањето има опсег од 19 до 24 мм. Цврсто подигање на кохлеата беше постигнато со циркуларна фасциална навртка, добиена од привремен мускул и фиброзно лепило. За да се одбегнат движења на електродата, нејзиниот носач беше фиксиран во фацијалниот агол со коскено лепило. На пациентите три дена им беа давани профилактички антибиотици. Кај шест објекти на испитување беше користен MED-EL* COMBI-40 (1) со стандарден електроден носач. Контактите се разделени на 2,1 мм. Целосната оддалеченост од најапикалната до најбазалната електрода е 28 мм. Кај двајца пациенти, електрода направена по нарачка со 1,8 мм оддалеченост и вкупна оддалеченост од 20 мм, беше користена за да се зголеми бројот на инсертираните електроди за дадената длабочина на инсертирањето.

Standard access to the cochlea via posterior tympanotomy was performed, and the cochlea was carefully opened with a slow turning diamond drill, 1 mm anterior to the round window. The endost was identified and incised. Suctioning of the perilymph was avoided and a drop of crystalloid prednisolon (Volon A) was introduced during cochleostomy, and then covered with hyaluronic acid solution (Healon*).*

The electrode was inserted, the depth of which was intentionally limited according to the border-frequency of the residual hearing, with regard to the frequency map of the basilar membrane, in order to protect the structures in the upper turns of the cochlea. The insertion depth ranged from 19-24 mm. Tight sealing of the cochlea was obtained by a circular fascial graft obtained from the temporal muscle, and fibrin glue. In order to avoid any movement of the electrode, its carrier was fixed in the facial angle with bone paste. Patients were given prophylactic antibiotics for three days. In six subjects, a MFD-EL* COMBI-40 (1) with a standard electrode carrier was used. The contacts are spaced 2.1 mm apart. The overall distance from the most apical to the most basal electrode is 28 mm. In two patients, a custom-made electrode with 1.8 mm spacing and an overall distance of 20 mm was used in order to increase the number of inserted electrodes for a given insertion depth.

Пред и постооперативни тестови

Предоперативно беа мерени чисто тонските прагови. Добиени беа резултати на едносложен збор со користење на Тестот за едносложен збор на Фрајбург за двете уши одделно со и без слушни помагала, како и во услови со најдобри помагала, т.е. кај шест од седум пациенти со двојни слушни помагала. Значи, постоперативно беа мерени чисто тонски прагови и беа направени тестови на едносложен збор за самиот cochlear-имплант, самото слушно помагало и за комбинација на двете. Слушното помагало беше ипсилатерално кај пациентите со зачуван слух и контралатерално кај другите пациенти во услови на тест.

Кај пациентите со ипсилатерално зачуван слух дигиталните високо моќни слушни помагала во увото беа наместени билатерално. Сите пациенти користеа MED-EL* ТЕМПО+-ВТЕ говорен процесор за кохлеарен-имплант.

Понатаму, тестови за реченици (HSM и Гетинген-реченици) беа спроведени во тивка и натпреварувачка врева во самиот кохлеарен -имплант и кохлеарен-имплант плус состојба со слушно помагало.

Резултати

Слухот можеше да се зачува до 10 dB кај четири од осум пациенти, кај два од понатамошни објекти на истражување можеше да се зачува делумно, додека два пациента го изгубија слухот по имплантацијата.

Pre-and postoperative tests

Preoperatively, pure-tone thresholds were measured. Monosyllabic word scores were obtained using the Freiburg monosyllabic word test for both ears separately with and without hearing aids, as well as in the best-aided condition, *i.e.*, in six of seven patients with bilateral hearing aids. Postoperatively, pure-tone thresholds were measured and monosyllabic word tests were performed for the cochlear implant alone, hearing aid alone, and for a combination of both. The hearing aid was ipsilateral in the patients with preserved hearing and contralateral in the remaining patients in the test condition. In the patients with ipsilaterally preserved hearing, digital high power in-the-ear hearing aids (Resound*) were fitted bilaterally. All patients used the MED-EL.* ТЕМПО+-BTE-speech processor for the cochlear implant.

In addition, sentence tests (HSM and Gottingen sentences) were carried out in quiet and with competing noise in the cochlear implant alone and the cochlear implant plus hearing aid condition.

Results

Hearing could be preserved to within 10 dB in four of eight patients, in two further subjects it could be preserved partially, while two patients lost their hearing after implantation.

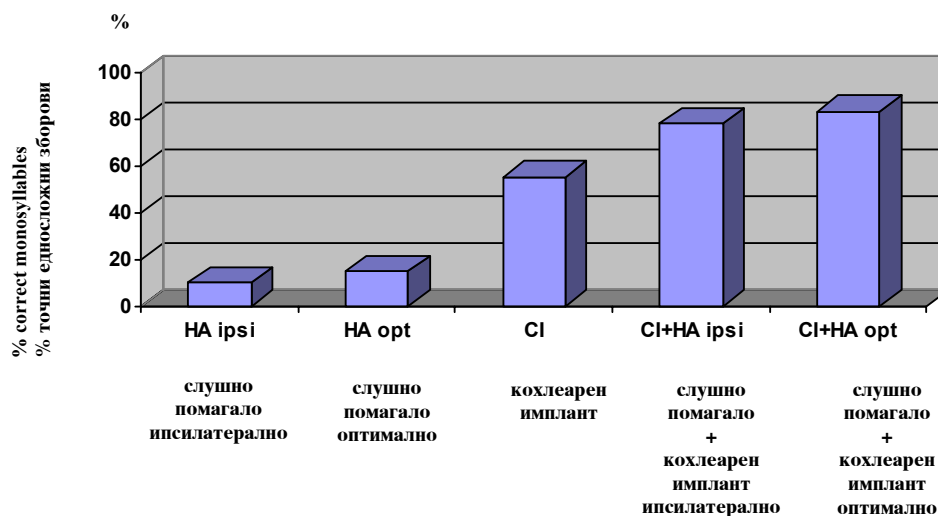
Ако е зачуван, слухот останува стабилен по имплантацијата. Кај три објекти на истражување можеше да се следи повеќе од една година. Кај четири објекти на истражување беа поставени ипсилатерални слушни помагала, а кај два објекта за истражување уште не се поставени. Другите два објекта на истражување носат само контралатерални слушни помагала.

Слика 2. Преоперативниите резултати на еднословните зборови со слушно помагало ипсилатерално на увојто на кое треба да се врши имплантација на 70 dB, во услов на најдобро помагало при оптимална гласнос, со само cochlear-импланти на 70 dB и со cochlear-импланти плус слушно помагало во ипсилатерално уво (четири објекти на истражување), како и cochlear-импланти плус слушно помагало во оптимални услови, или ипси-, кони-, или билатерално на 70 dB.

If preserved, hearing remained stable after implantation, in three subjects it could be followed for more than one year. Four subjects have been fitted with ipsilateral hearing aids, and two subjects have not yet been fitted. The remaining two subjects only wear contralateral hearing aids.

Figure 2. Preoperative monosyllabic word scores with the hearing aid ipsilateral to the ear to be implanted at 70 dB, in the best-aided condition at optional loudness, with cochlear implant alone at 70 dB, and with cochlear implant plus hearing aid in the ipsilateral ear (four subjects), as well as cochlear implant plus hearing aid in the optimal condition, either ipsi-, contra-, or bilateral at 70 dB.

Пред- и постоперативна перформанса / Pre- and postoperative performance



Сликата 2 ги претставува пред и пост-оперативните резултати за тестот на едносложен збор на Фрајбург. Пред-оперативната перформанса во услов на најдобро помагало со испилатерални слушни помагала на 70 dB и при услов на најдобро помагало на индивидуална оптимална гласност се споредува со перформансата кај самиот кохлеарен-имплант и кај кохлеарниот-имплант плус слушно помагало или ипсилатерално (четири објекти на истражување) или контралатерално (два објекта на истражување) на 70 dB. **Перформансата само со cochlear-имплант (53% точно) е веќе јасно супериорна на перформансата во услов на најдобро помагало со слушно помагало (15% точно).** Кај самиот кохлеарен-имплант, објектите на истражување постигнаа резултати малку над просекот, спореден со резултатите на голем број возрасни пациенти што го користат истиот имплант (COMBI-40+), истражувани во мултицентрална студија (непубликувани податоци) и со COMBI-40. (5)

Заедно со слушното помагало може да се види синергистичкиот ефект. Тоа резултираше во понатамошно подобрување на резултите на тестот. Со комбиниран ЕАС резултатите од тестот беа значително над просекот плус една стандардна девијација.

Објектите на истражување се движеа од добри извршители до категорија на одлични извршители.

Figure 2 presents the pre- and postoperative results for the Freiburg monosyllabic word test. The preoperative performance in the best-aided condition with ipsilateral hearing aids at 70 dB and in the best-aided condition at the individual optimal loudness is compared to the performance with cochlear implant alone and with cochlear implant plus hearing aid either ipsilaterally (four subjects) or contralaterally (two subjects) at 70 dB. **The performance with cochlear implant alone (53% correct) is already clearly superior to the performance in the best-aided condition with hearing aid (15% correct).** With cochlear implant alone, the subjects scored slightly above the mean compared to the results of a larger number of adult patients using the same implant (COMBI-40+), investigated in a multicenter study (unpublished data) and with the COMBI-40. (5)

Together with hearing aid, a synergistic effect can be seen that resulted in a further improvement of test scores. With combined EAS, the test scores were significantly above average plus one standard deviation.

The subjects moved from the good performers to the excellent performers category.

Табела 2. Разбирањето на реченици при врева (ХСМ реченици, $C/N = 65\text{dB}/55\text{ dB}$) само со слушно помагало (СП), само кохлеарен имплант (КИ) и во комбинација (КИ+СП) за различни нискоаголни фреквенции на КИ.

Број на базални канали / Number of basal channels	9	8	8	8
Фреквентен опсег (Hz) / Frequency range (Hz)	300-5500	650-5500	791-5500	1008-5500
само СП (%) / HA alone (%)	50	50	50	50
само КИ (%) / CI alone (%)	34.9	34.0	55.7	32.1
КИ+СП (%) / CI + HA (%)	93.4	96.2	95.3	82.1

На Табелата 2, пример на резултатите од тестот за ХСМ-реченици при врева, се прикажани за пациентот СС. Чист синергетски ефект од комбинирано користење на слушно помагало и кохлеарниот-имплант може да се види во услови на слушање со натпреварувачка врева.

Дискусија

Прелиминарните резултати од оваа тековна студија прикажуваат дека е можна комбинација на ЕАС на аудитивната патека во едното уво и има синергетски ефект врз разликување и разбирање на јазикот. Субјективно добро е прифатено од нашите пациенти што пријавуваат дека звукот е многу попријатен и природен кога се употребува комбинација на двата модалитети. Не се очигледни никакви негативни интеракции. Сепак, адекватното користење на електро-информација бараше формални сесии за обука, како во случај на други корисници на имплант, и овие понекогаш беа изведувани на модалитет само со имплант за да се зголеми концентрацијата на електро-сигналот.

Table 2. Sentence understanding in noise (HSM sentences, $S/N = 65\text{ dB}/55\text{ dB}$) with hearing aid (HA) alone, cochlear implant (CI) alone, and in combination (CI+HA) for different lower corner frequencies of CI.

In Table 2, an example of test scores for HSM sentences in noise are given for patient SS. A clear synergistic effect from the combined use of hearing aid and cochlear implant can be seen in the listening condition with competing noise.

Discussion

The preliminary results of this ongoing study demonstrate that combination of EAS of the auditory pathway in one ear is possible and has a synergistic effect on discrimination and speech understanding. It is subjectively well accepted by our patients, who report the sound to be more comfortable and natural when they use the combination of both modalities. No negative interactions were apparent. Nevertheless, adequate use of the electric information required formal training sessions, as in the case of other implant users, and these were sometimes carried out in the implant-alone mode in order to enhance concentration on the electric signal.

Просекот на комбиниран ЕАС-модалитет може да биде надополнет со природен трансфер на информации од ниски до средни фреквенции што уште може да се зачуваат акустички, дозволувајќи детално претставување на фреквенцијата и тајмингот. Понатаму, комбинација на контралатерална акустична стимулација треба да дозволи детална просторна информација. Овој аспект, се надеваме, ќе биде разјаснет со понатамошни студии.

Целосно зачувување на слухот беше можно кај 50% од објектите на истражување и барем делумно зачувување кај 75%, на кои им беше имплантиран ЕАС. Овие резултати се јасно супериорни со оние пријавени кај стандардната кохлеарна-имплантација и може да се надополнат на хируршката техника што вклучува неколку добро дефинирани фактори. Ограничената длабочина на инсертацијата се смета дека е клучен фактор за да се спречи оштетувањето на апикалните кохлеарни-структури. **Длабочината на инсертацијата се избира како компромис меѓу обезбедување доволно интра-кохлеарни електроди за целосно функционирање на кохлеарениот-имплант, со намера да се зачува слухот.** Сите објекти на истражување имаа целосно функционирање на кохлеарен-имплант, што се претстави малку подобар од само кохлеарниот-имплант и значително подобар од користење само слушно помагало.

The advantage of the combined EAS mode may be attributable to a more Natural information transfer of the low to mid frequencies that can still be perceived acoustically, allowing for detailed representation of frequency and timing. In addition, combination with contralateral acoustic stimulation should allow for detailed spatial information. This aspect will hopefully be clarified by further studies.

Complete preservation of hearing was possible in 50% of subjects, and at least partial preservation in 75% who were implanted for EAS. These results are clearly superior to those reported for standard cochlear implantation, and can be attributed to the surgical technique which includes several well-defined factors. The limited insertion depth is considered to be a key factor for preventing damage, to apical cochlear structures. **The insertion depth is chosen as a compromise between providing enough intracochlear electrodes for a fully functioning cochlear implant and attempting to preserve hearing.** All subjects had a fully functioning cochlear implant, which performed slightly better than the cochlear implant alone and significantly better than the hearing aid alone.

Комбинацијата на двата модалитета обезбеди одлична перформанса. Зачувувањето на слухот не беше можно кај сите пациенти. Кога се изведува хируршки зафат за ЕАС, мора да се направи избор меѓу максимирање на можноста за зачувување на слухот преку инсертирање на покуса електрода и максимирање на перформансата на само кохлеарниот-имплант во случај да не се успее да се зачува слухот.

Во оваа студија се одбра поконзервативен приод со давање предност на целосно функционирање на кохлеарниот-имплант.

Друг клуч кон хируршкиот успех е дизајнирање на електродата. Нашето клиничко искуство, како и она на другите хистопатолошки студии, (6) имплицира дека МЕД-ЕЛ електродата оптимално е погодна за оваа цел, затоа што е многу флексибилна и мазна, та може да се инсертира со минимална сила.

Хистопатолошките студии со МЕД-ЕЛ-електродата покажуваат дека оштетување на ткивото уследува само кога електродата се турка зад точката на првиот отпор, што може да се одбегне со лимитирање на длабочината на инсертирањето.

Подобрените дизајни треба да помогнат за понатамошно минимизирање на ризикот за оштетување на ткивото при инсертација на електродите. Конечно, примената на кортикостероиден раствор интракохлеарно ја намалува фиброзната реакција интракохлеарно (непубликувани податоци) и може да помогне да се зачува слухот.

The combination of both modalities provided an excellent performance. Hearing preservation was not possible in all patients. When performing surgery for EAS, a choice has to be made between maximizing the chance of hearing preservation by means of shorter electrode insertion and maximizing the performance of the cochlear implant alone in case of failure to preserve hearing.

In this study, a more conservative approach was chosen with priority being given to a fully functioning cochlear implant.

Another key to surgical success is electrode design. Our clinical experience, as well as that of other histopathological studies, (6) implies that the MED-EL electrode is optimally suited for this purpose, as it is very flexible and smooth, and can be inserted with minimal force.

Histopathological studies with the MED-EL electrode demonstrate that tissue damage generally only occurs when the electrode is pushed beyond the point of first resistance, which can be avoided by limiting the insertion depth.

Improved designs should help to further minimize the risk of tissue damage on insertion of electrodes. Finally, application of intracochlear corticosteroid solution reduces the intracochlear fibrous reaction (unpublished data), and may help to preserve hearing.

Да сумираме, комбиниран ЕАС на аудитивната патека обезбедува нова перспектива за лекување тешка загуба на слухот, особено кај пациенти со зачуван нискофреквентен слух и загуба на високи фреквенции на повеќе од 60 dB, кај кои акустичната амплификација општо не е задоволувачка. **Подобрувањето на дизајнот на електродата и на хируршките техники, како и фармаколошката заштита на кохлеата од траума, треба да помогне да се зголеми стапката на успех и да дозволат проширен опсег на апликации.**

Признанија

Авториите најискрено им се заблагодаријќи на МЕД-ЕЛ компанијата за нивната постојана поддршка во текот на оваа студија.

Литература / References

1. Kifer J, Von Ilberg C, Raimer B, Knecht R, Gall V, Diller G, Sturzebecher E, Pfennigdorff T, Spelsberg A. Results of cochlear implantation in patients with severe to profound hearing loss: implications for the indicators. *Audiology* 37:382-395, 1998.
2. Hogan C, Turner CW. High-frequency audibility: benefits for hearing-impaired listeners, *JASA* 104:1002-1011, 1998.
3. Tillein J, Kral A, Pfennigdorff T, Kiefer J, Hartman R, Von Ilberg C, Klinke R. Effects of extracochlear electrical stimulation to auditory processing of a normal hearing cochlea: results from acute and chronic animal experiments. In: Eight Symposium Cochlear implants in Children. Los Angeles, 2001. (Abstract 012)
4. Gstottner W, Hamzavi J, Franz P, Plenk H, Czerny C, Susani M, Adunka O, Baumgartner V. Intracochleare Position von Cochlear-Implant-Electrode. *Wien Med Wochenschr*, 112: 477-480, 2000.
5. Helms J, Muler J, Schon F, Moser L, Arnold V, Janssen T, Ramsden R, Von Ilberg C, Kifer J, Pfennigdorff T, Gstottner W, Baumgartner W, Ehrenberger K, Skarzynski H at all. Evaluation of performance with the COMBI-40 cochlear implant in adults: a multicentric clinical study. *ORL J Otorhinolaryngol Rel Spec* 59:23-35, 1997.
6. Von Ilberg C, Kifer J, Tillein J, Pfennigdorff T, Hartmann R, Sturzebecher E, Klinke R. Electric-acoustic-stimulation (EAS) of the auditory system: new technology for severe hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Rel Spec* 61:334-340, 1999.

In summary, combined EAS of the auditory pathway provides a new perspective for the treatment of severe hearing loss, especially in patients with preserved low frequency hearing and a loss of the high frequencies of more than 60 dB in whom acoustic amplification is generally unsatisfactory. **Improvements in electrode design and surgical techniques, as well as pharmacological protection of the cochlea against trauma, should help to increase the success rate and allow an extended range of applications.**

Recognition

The authors express their sincere gratitude to MED-EL company for the permanent support during this study.